



Test en faisceau d'une tranche d'ATLAS "Run Combiné"

M. Aharrouche

► To cite this version:

M. Aharrouche. Test en faisceau d'une tranche d'ATLAS "Run Combiné". Journées Jeunes Chercheurs 2004, Nov 2004, Ile de Berder, France. in2p3-00025061

HAL Id: in2p3-00025061

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00025061>

Submitted on 15 Nov 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Test en faisceau d'une tranche d'ATLAS "Run Combiné"

Mohamed AHARROUCHE
LAPP/LPHEA, Annecy/Marrakech



Résumé

Une tranche complète du détecteur ATLAS, combinant les détecteurs de traces, les calorimètres électromagnétique et hadronique, et le spectromètre à muons, a été soumise à des faisceaux d'électrons, de pions, de muons, photons et de protons. Sont présentés dans ce manuscrit les premiers résultats d'analyse des données provenant du calorimètre électromagnétique.

20.1 Introduction

Le détecteur ATLAS (A Toroïdal LHC ApparatuS) est l'un des quatre détecteurs qui fonctionneront auprès du grand collisionneur d'hadrons, le LHC. Il est conçu pour couvrir un vaste programme de physique : recherche du boson de Higgs, mise en évidence d'une physique au delà du modèle standard (SUSY), étude du quark top, etc... Le démarrage prévu de l'expérience est en 2007 et le détecteur est actuellement en cours de montage.

En 2004, un prototype du détecteur ATLAS a été testé au CERN sur la ligne H8 du SPS (Super Proton Synchrotron). Pendant les 6 mois de prise des données, du 17 mai au 16 novembre, 50 millions d'événements ont été enregistrés dans une configuration proche d'ATLAS.

Maintenant que les données sont prises, une étape importante dans l'analyse de ces données est l'étude de la réponse de chaque sous détecteur séparément des autres, avant d'entamer une analyse combinée. D'où notre intérêt, dans un premier temps, aux données du calorimètre électromagnétique.

Cet article porte sur l'analyse des données du calorimètre électromagnétique. Après une introduction des caractéristiques de ce calorimètre, sont présentés les résultats des analyses des données du calorimètre et des exemples de résultats d'analyse des données de bruit et de calibration.

20.2 Calorimètre électromagnétique

La recherche d'un boson de Higgs léger pour les canaux $H \rightarrow \gamma\gamma$ et $H \rightarrow 4e$ et sa mise en évidence à cette échelle d'énergie demande un calorimètre performant.

Le calorimètre e.m. [3] est un calorimètre à échantillonnage (plomb/argon liquide) et est constitué de deux demi-cylindres creux de rayon interne 1.5 m et

rayon externe 1.98 m. Il couvre une région de pseudo-rapacité ($|\eta| < 1.475$) et est fermé à ses extrémités par deux bouchons ($1.375 < |\eta| < 3.2$). Indépendants l'un de l'autre, chaque demi cylindre est formé par assemblage de 16 modules. Un module est construit par superposition de 64 absorbeurs intercalés de 64 électrodes, tous pliés en accordéon.

L'électrode du calorimètre tonneau est divisée en deux électrodes A et B, à $\eta = 0.8$, segmentées longitudinalement en trois compartiments (figure 20.1) :

- Le premier compartiment est finement segmenté en η afin de distinguer un photon simple des deux photons produits dans la désintégration du π^0 . Il est de longueur $6 X_0$, mais pour $\eta > 2.5$ l'électrode n'est segmentée qu'en deux compartiments.
- Le compartiment milieu dont la segmentation suivant η est 8 fois plus large que celle du premier compartiment, mesure le point d'impact en η et ϕ . Sa longueur est $16 X_0$ à $\eta = 0$, et elle diminue lorsque η augmente.
- Le compartiment arrière complète la zone de détection et il permet de compléter la mesure de l'énergie des électrons de 300 GeV et plus. Sa segmentation suivant η est 2 fois plus large que celle du compartiment milieu. Sa longueur varie entre $2 X_0$ et $12 X_0$.

La résolution en énergie du calorimètre peut se paramétrer ainsi :

$$\frac{\sigma}{E} = \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus \frac{b}{E} \oplus c \quad (20.1)$$

- a : terme d'échantillonnage qui dépend des fluctuations de la répartition de l'énergie entre absorbeur et milieu détecteur.
- b : terme de bruit dû aux bruits de la chaîne électronique et aux effets d'empilement.
- c : terme constant qui contient les non uniformités de réponse du calorimètre.

L'extraction d'un signal tel que $H \rightarrow \gamma\gamma$ demande une bonne résolution en énergie, du fait de présence d'un bruit de fond important. Une bonne résolution angulaire est aussi nécessaire. Cela nécessite un terme d'échantillonnage de $\frac{10\%}{\sqrt{E(\text{GeV})}}$, un terme constant plus petit que 0.7% et une résolution angulaire de $50\text{mrad}/\sqrt{E(\text{GeV})}$.

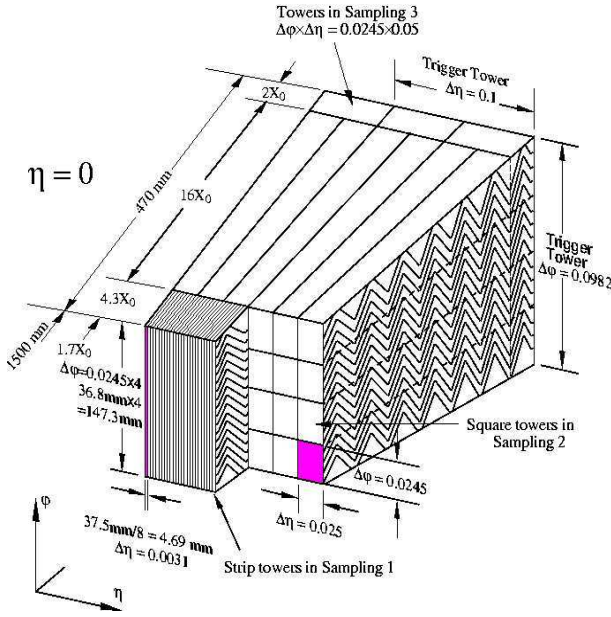


FIG. 20.1 – Vue schématique d'une portion du calorimètre tonneau.

20.2.1 Reconstruction de l'énergie dans le calorimètre

Une particule, qui passe dans le calorimètre, induit un signal triangulaire (figure 20.2). La montée du signal correspond à l'ionisation de l'argon liquide, alors que la décroissance est due à la dérive des électrons dans l'argon. Ce signal va être traité dans des FEB (Front End Board), qui contiennent une électronique pour la préamplification, mise en forme, échantillonnage et numérisation du signal.

Après préamplification et mise en forme, le signal est échantillonné à la fréquence de croisement des faisceaux du LHC (40 MHz) sur les cartes FE dans l'attente de la réponse du trigger ; il est ensuite digitisé et transmis au "readout". La valeur au pic de ce signal (ADC_{max}) est proportionnelle à l'énergie déposée par la particule dans la cellule.

Pour la reconstruction de l'énergie d'une cellule, on doit d'abord estimer ADC_{max} . Pour cela on a utilisé la méthode d'interpolation cubique qui consiste à faire un ajustement sur les quatre échantillons autour du maximum.

Le maximum du signal mesuré en nombre de (coup ADC) est ensuite converti en énergie, en appliquant des coefficients de conversion extraits pour chaque cellule lors de la procédure de calibration puis un facteur de conversion global.

Connaissant l'énergie déposée dans chaque cellule on peut calculer l'énergie de la gerbe développée par la particule, en sommant l'énergie déposée dans chaque compartiment. Pour cela, on construit un amas de cellules (3x3 en η et en ϕ) autour de la cellule contenant le plus d'énergie dans le compartiment milieu. Un cône est ensuite construit autour de la direction de la cellule chaude, et toutes les cellules des autres compartiments, qui entrent dans ce cône sont considérées.

20.2.2 Logiciels de la reconstruction

Une partie de mon travail était la participation au développement du software de reconstruction du "run combiné"¹, partie calorimètre électromagnétique. Le logiciel de reconstruction fait partie du framework officiel d'ATLAS, ATHENA, d'une très grande structure de packages séparées par thème ou sous détecteur.

Le software de reconstruction dans le calorimètre électromagnétique est réparti sur différents packages, comme on voit sur le schéma de la figure 20.3. Il traduit en quelque sorte ce qu'on vient de dire dans le précédent paragraphe. En partant d'échantillons d'un signal (digits), on a deux voies possibles selon la nature du signal. Pour les données de calibration et de bruit on calcule les constantes de calibration, piédestal et les coefficients d'autocorrélation pour chaque cellule qu'on met dans la base de données. Pour les données de physique on reconstruit l'énergie de la gerbe comme expliqué avant, en utilisant les constantes de calibration de la base de données.

20.3 Traitement des données

20.3.1 Piédestals et écart-type

Les événements piédestals correspondent à la réponse du détecteur lorsqu'il y a absence d'excitation de physique ou de calibration. Chaque histogramme, de la figure 20.4, correspond à une FEB². Sur l'axe vertical on a la valeur moyenne du piédestal (à gauche) et l'écart-type (à droite). Le bruit moyen est de l'ordre de 3.2 ADC.

20.3.2 Données de Calibration

La procédure de calibration des cellules permet d'homogénéiser la réponse des canaux du calorimètre. Le principe est d'injecter une impulsion électrique sur une résistance de calibration (précise au 1/1000) des cartes sommatriques (cartes sommant le signal mesuré par les électrodes pour constituer une cellule en ϕ) placée sur le module lui-même. Cette impulsion est obtenue en court-circuitant une self où circule un courant continu. Elle a une forme exponentielle décroissante proche de la forme triangulaire du signal physique (figure 20.2). L'amplitude du courant est contrôlée par un DAC (convertisseur digital analogique). 16 valeurs sont injectées avec des amplitudes croissantes (de 0 à 1500 ou 15000 DAC).

Pour déterminer les facteurs de proportionnalité entre le signal d'entrée (en DAC) et le signal de sortie (en coup ADC) qu'on appelle les coefficients de rampe, on ajuste les paramètres r_0, r_1 et r_2 (cf formule 20.2) avec un polynôme de second degré (pour tenir compte des non linéarités) la courbe du signal injecté (en DAC)

¹Il sera utilisé aussi pour ATLAS.

²L'analyse des données de calibration et de bruit est faite pour toutes les FEBs (7). Seuls les résultats d'une étude sur une FEB du compartiment milieu sont présentés.

en fonction du signal reconstruit (figure 20.5).

$$DAC = r0 + r1 \times ADC + r2 \times ADC^2 \quad (20.2)$$

Cette procédure est répétée régulièrement dans le temps pour contrôler la stabilité du signal.

Un point important est de vérifier la stabilité en temps des coefficients de rampe. On obtient une variation de l'ordre de 0.4% (figure 20.6, 20.7), pour une FEB du compartiment milieu. Ce résultat montre que les données de la calibration sont bien stables dans le temps.

20.3.3 Réponse à un faisceau d'électrons

Les données, dites de physique, sont obtenues en envoyant un faisceau, dont on connaît la nature et l'énergie, sur les détecteurs. Le module du calorimètre, dans le run combiné, a été déplacé pour une position fixe en ϕ (ou en η), pour pouvoir illuminer les cellules en η (ou en ϕ). Du fait de la présence d'autre sous-détecteurs, notre "scan", en η et en ϕ est limité en nombre de cellules.

L'étude de l'uniformité de la réponse du calorimètre à un faisceau d'électrons de 250 GeV, pour une ligne en ϕ (25 cellules en η) est présentée dans cette section.

Nous avons, d'abord, commencé par rechercher les cellules mortes (cellule qui ne répond pas au signal physique et/ou au signal de calibration), et à détecter tout type de problème qui peut affecter notre analyse, tel que le problème de la haute tension que nous avons rencontré, où une face d'une électrode, associée à certain nombre de cellules, n'était pas alimentée en haute tension. Nous avons déterminé les corrections à apporter aux cellules concernées (cellules avant et milieu) par cette électrode non alimentée.

L'énergie reconstruite en fonction de η , après corrections pour les effets décrits ci-dessus, est présentée sur la figure 20.8 on voit la réponse en énergie pour une rangée de cellules en η . On obtient une uniformité de l'ordre de 0.78%, légèrement supérieur à la valeur trouvée ($\sim 0.6\%$)[4]. Cette moins bonne uniformité s'explique par le fait que plusieurs effets³ n'ont pas été pris en compte : fuite à l'arrière⁴ des électrons de 250 GeV, fuite latérale (plus d'énergie mesurée quand le point d'impact des cellules est au centre d'une cellule), modulation en ϕ du signal due à la géométrie accordéon, et dépendance avec la différence de temps entre l'arrivée de la particule et le cycle de l'horloge.

La figure 20.9 représente la distribution de l'énergie totale de toutes les cellules de notre "scan". La valeur, moins bonne, qu'on trouve (1.77%) peut être expliquée en utilisant les mêmes arguments présentés avant.

20.4 Conclusion

Le travail d'analyse présenté ici est l'un des tout premiers travaux qui se font. Les premiers résultats de notre étude de l'uniformité restent encourageants, sachant qu'ils sont obtenus sans effectuer les corrections géométriques. Les données de calibration sont stables durant la période, où j'ai pris en charge l'analyse de ces données. Notre prochaine étape est l'utilisation de la méthode de filtrage optimal [6], pour estimer l'amplitude du signal (cette méthode permet de minimiser les contributions des sources de bruit), et l'inclusion des données du calorimètre hadronique, pour comprendre les fuites de la gerbe à l'arrière du calorimètre électromagnétique, tout en corrigeant les effets qu'on vient de citer.

Remerciements

Je remercie les coordinateurs de notre session, Esther Ferrer-Ribas et Julien Cogan ainsi que les organisateurs des Journées Jeunes Chercheurs 2004.

Références

- [1] ATLAS Collaboration, *ATLAS : Detector and Physics Performance ; Technical Design Report, Volume I and II*, CERN LHCC-99-014 and CERN LHCC-99-015.
- [2] ATLAS Collaboration, *Calorimeter Performance Technical Design Report*, CERN LHCC-96-040.
- [3] ATLAS Collaboration, *Liquid Argon Calorimeter Technical Design Report*, CERN LHCC-96-041.
- [4] Di Ciaccio, Lucia ; Neukermans, L. ; Perrodo, P. ; Zitoun, R., *Uniformity of the 2000 test beam module with the new optimal filtering coefficients*, ATLAS-LARG-2001-009.
- [5] O. Gaumer, Thèse de doctorat, Université de Savoie, 2004.
- [6] L. Neukermans, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon I, 2002.

³Pour les électrons à 250 GeV, on a remarqué que la largeur du faisceau (dans les cellules) a changé suivant η .

⁴L'uniformité est atteinte par cet effet car l'épaisseur en X_0 varie en fonction de η .

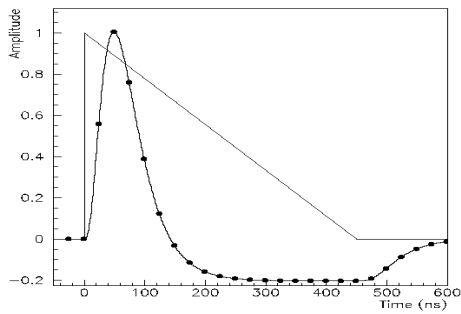


FIG. 20.2 – Réponse du calorimètre avant (triangle) et après mise en forme.

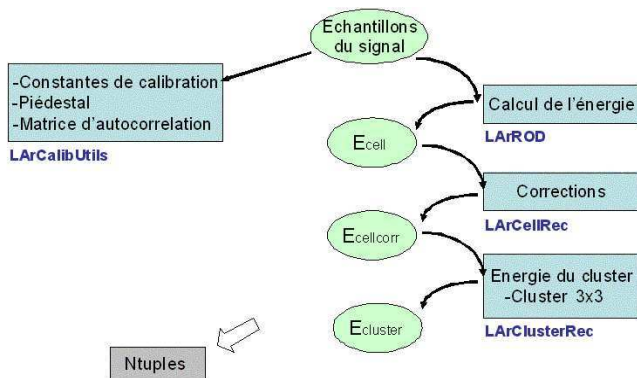


FIG. 20.3 – Schéma du cheminement des données dans le programme de reconstruction.

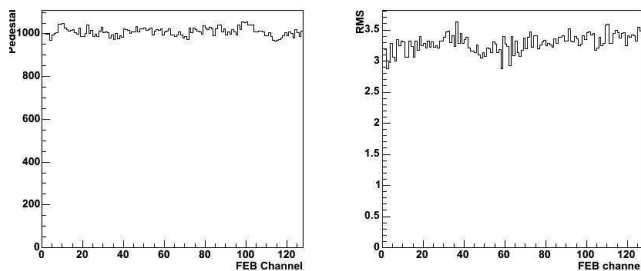


FIG. 20.4 – Valeur moyenne du piédestal (à gauche) et de l'écart-type (bruit électronique) (à droite) en fonction du numéro de canal d'une FEB (Front End Board).

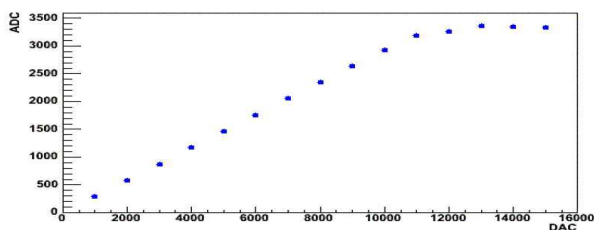


FIG. 20.5 – Signal reconstruit (en ADC) en fonction de l'intensité du signal injecté (en DAC).

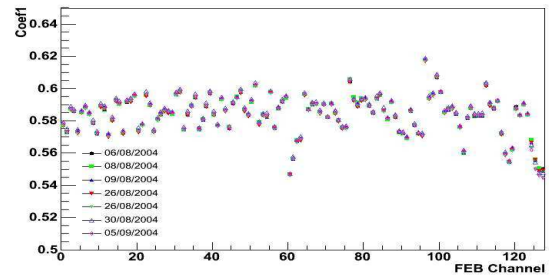


FIG. 20.6 – Coefficient de calibration r_1 pour une FEB dans le compartiment milieu pour différentes prises de données.

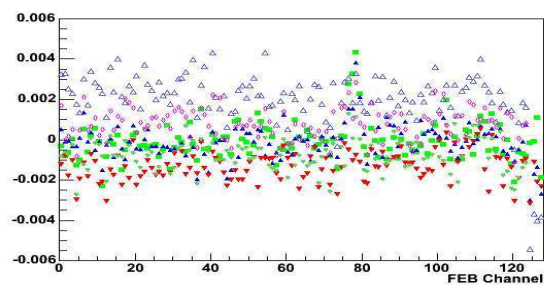


FIG. 20.7 – Variation du coefficient r_1 par rapport aux données de calibration prises le 06/08/2004, pour différentes prises de données.

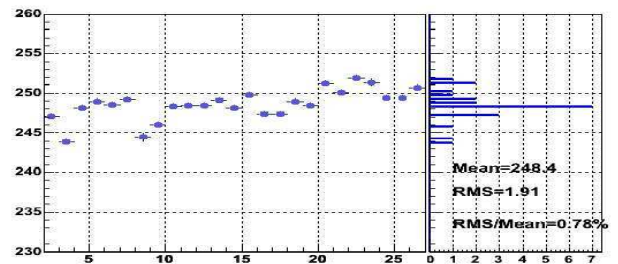


FIG. 20.8 – Réponse en énergie en fonction du numéro des cellules du compartiment milieu



FIG. 20.9 – Distribution de l'énergie totale.